动 物 学 研 究 2006，Dec. 27（6）：626－630 CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853
Zoological Research

幼龄、亚成年、成年达乌尔黄鼠比目鱼肌Ⅰ和Ⅱ型肌纤维的比例与脏器指数的比较

党 凯[1]，王 琦[1,2]，张海祥[1]，高云芳[1,*]
（1. 西北大学 生命科学学院，陕西 西安 710069；2. 陕西理工学院 生物系，陕西 汉中 723000）

摘要：选取达乌尔黄鼠（*Spermophilus dauricus*）24 只，按年龄分为幼龄、亚成年和成年 3 组。采用 Ca^{2+}-ATPase 法测定比目鱼肌的 mATPase 活性，计算Ⅰ型和Ⅱ型肌纤维的比例，并称量达乌尔黄鼠脏器重量，计算脏器指数。结果显示：（1）成年组和亚成年组达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅱ型肌纤维比例均极显著地低于幼龄组；成年组Ⅱ型肌纤维比例也有明显低于亚成年组的趋势；（2）幼龄组达乌尔黄鼠的胸腺指数显著高于亚成年组和成年组，脾脏指数显著高于亚成年组；肝脏指数则均极其显著低于亚成年组和成年组；成年组与亚成年组相比，肝脏指数显著增高，其他指数无显著性差异。以上结果提示，在生长发育过程中，达乌尔黄鼠比目鱼肌的 mATPase 活性逐渐降低，因而其Ⅱ型肌纤维的比例逐渐减小；胸腺指数、脾脏指数均逐渐降低，肝脏指数则逐渐升高。

关键词：达乌尔黄鼠；肌球蛋白 ATP 酶；比目鱼肌；脏器指数
中图分类号：Q959.837；Q445 **文献标识码**：A **文章编号**：0254－5853（2006）06－0626－05

Changes of Myosin ATPase Activities and Their Visceral Indices in *Spermophilus dauricus* Muscle During Postnatal Development

DANG Kai[1], WANG Qi[1,2], ZHANG Hai-xiang[1], GAO Yun-fang[1,*]
(1. *College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China;*
2. *Department of Biology, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China*)

Abstract: Eighteen *Spermophilus dauricus* were divided according to age into the young group, the sub-adult group and the adult group. The activities of myosin ATPase (mATPase) of the soleus muscle were detected using the mATPase method. The percentages of TypeⅠand Ⅱ fibres were then determined. The viscera weight and viscera index were measured and calculated. The results revealed: (1) The proportion of TypeⅡ fibres in the soleus muscle were notably lower in the adult and the sub-adult than in the young of *S. dauricus*; and compared with the sub-adult, the adult showed a significant decrease; (2) the thymus index in young *S. dauricus* was markedly higher than those of the sub-adult and the adult, the splenic index (SI) in young *S. dauricus* was markedly higher than that of the sub-adult, whereas the hepatic index (HI) was distinctly lower than those of the sub-adult and the adult. When compared with the sub-adult, the hepatic index of the adult was sharply higher, whereas the other indices showed no significant variation between the two groups. In summary, the proportion of Type Ⅱ fibres gradually decreased with age, both the thymus and the splenic index also decreased with age, whereas the hepatic index gradually increased. These results suggest that the activities of mATPase decline during postnatal development in *S. dauricus*.

Key words: *Spermophilus dauricus*; Myosine ATPase; Soleus; Visceral index

根据代谢酶类型和所含肌动球蛋白类型的不同，哺乳动物的骨骼肌纤维可分为两大类：Ⅰ型和

* 收稿日期：2006－08－29；接受日期：2006－10－10
基金项目：陕西省自然科学基金（DH98273）；西北大学自然科学基金（04NW39）资助项目
* 通讯作者（Corresponding author），E-mail：gaoyunf@nwu.edu.cn

Ⅱ型。慢肌（红肌）中Ⅰ型肌纤维占多数，获能方式以有氧代谢为主；快肌（白肌）中Ⅱ型肌纤维占多数，获能方式以糖酵解为主。比目鱼肌位于哺乳动物小腿三头肌的深部，是以Ⅰ型肌纤维为主的慢肌。以往研究表明，非冬眠动物大白鼠、小白鼠与家兔等在其发育过程中，比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维比例会发生明显改变，成年动物比目鱼肌中Ⅰ型肌纤维比例较幼龄的显著增加，Ⅱ型肌纤维比例则显著降低（He et al，2005；Zhu et al，2004）；随着衰老的发生，大白鼠比目鱼肌中Ⅱ型肌纤维的比例还将继续降低(Alnaqeeb & Goldspink,1987;Fujimoto et al,1994)。

达乌尔黄鼠（*Spermophilus dauricus*）属啮齿目（Podentia）松鼠科（Sciuridae）黄鼠属（*Spermophilus*），是典型的小型冬眠动物，其冬眠时间长达5至6个月。在冬眠中，其骨骼肌无疑处于废用状态，但出眠时并未发生明显的骨骼肌萎缩现象，如四肢软弱无力、行走困难，甚至不能行走等。显然，冬眠动物的肌肉生理与非冬眠动物相比有着迥然不同的特点。目前，这方面的研究报道已有一些，主要是关于成年黄鼠冬眠期间，骨骼肌肌纤维类型的改变和肌肉湿重的变化(Vikhlyantsev et al，2004;Rourke et al 2004;Wickler et al,1991)，但涉及达乌尔黄鼠在幼龄至亚成年、成年的发育过程中，其比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维比例是否会发生改变，以及这种改变与非冬眠动物是否一致的研究尚未见报道。因此，本实验以肌球蛋白腺苷三磷酸酶（myosin adenosine triphosphatase，mATPase）法对比目鱼肌中的肌纤维进行分型，探讨达乌尔黄鼠在幼年至成年的发育过程中，比目鱼肌形态结构及肌纤维类型的变化，为冬眠动物肌肉生理的研究提供新的实验资料。

在生物医学研究中，脏器重量、脏器指数是衡量动物功能状态及发育进程的重要指标（Hu et al，1997），同时也可作为动物对环境适应的近似指标(Konarzewski et al，1995；Pucck et al，1965)。因此，本实验对各组的脏器指数进行了同步检测，以探讨达乌尔黄鼠在不同发育阶段中脏器指数的变化，为达乌尔黄鼠的生长发育、繁殖和实验应用等提供基础资料。

1　材料和方法

1.1　实验动物分组

将达乌尔黄鼠（以下简称黄鼠）分为3组：幼龄组（出生15天，处于哺乳期）；亚成年组（出生5—6个月，未经过冬眠即没有达到性成熟）；成年组（经过1或2次冬眠，达到性成熟）（Liu et al，1993）。每组6只。

实验所用亚成年黄鼠系2005年10月中旬自陕西省渭南地区采集（该地区多年来检菌实验及血清学检疫均表明黄鼠为阴性）。带回实验室饲养，供应白鼠标准饲料和蔬菜，提供棉絮，锯末作为巢材和垫料。另于2006年3月中旬在同一地点采集到成年黄鼠，带回实验室饲养。随机取其中6只作为成年组实验黄鼠；其他按雌雄配对，分笼饲养。一周后观察到交配现象，在4月下旬产下4窝幼仔，得到幼龄黄鼠。达乌尔黄鼠年龄根据臼齿的磨损程度判断（Wang et al，1994）。

1.2　标本制备

用3%戊巴比妥钠（90 mg/kg体重）麻醉黄鼠，从黄鼠后肢取出比目鱼肌，并在其中部迅速切取长约5 mm的一个组织块；剔除肌膜，放入预冷的30%蔗糖溶液中；待组织块沉底后，立即取出，并用OCT包埋剂垂直包埋，放入低温恒冷切片机内切片，厚度为10 μm。切片时需调整组织块方向，以获得肌肉横断面组织切片。用涂有10 g/L多聚赖氨酸的载玻片裱片，室温晾干。

1.3　组织化学染色

pH 9.4条件下的mATPase是糖酵解的标志酶，因而mATPase法是有关肌纤维分型的主要方法之一(Nemeth et al，1979；Havenith et al，1990)。mATPase染色呈阴性的为Ⅰ型肌纤维，呈阳性的则为Ⅱ型肌纤维 。本实验以Ca^{2+}-ATPase法测定比目鱼肌的mATPase活性，并对比目鱼肌中的肌纤维进行分型。

组织化学染色根据Du（1998）的钙–钴法并稍作改良。取2片冰冻切片于4℃固定液［多聚甲醛4 g，蔗糖8 g，加0.1 mol/L的PB（pH 7.2）至100 mL，重新调节pH至7.2］中固定10 min，冷双蒸水冲洗后放入pH 10.4的预孵育液［0.1 mol/L巴比妥钠溶液2 mL，0.18 mol/L氯化钙溶液2 mL，加双蒸水6 mL，调节pH至10.4］，37℃预孵育15 min，切片依次经pH 9.4的ATPase作用液［0.1 mol/L巴比妥钠溶液2 mL，0.18 mol/L氯化钙溶液1 mL，ATP二钠盐30 mg，2,4-二硝基苯酚6 mg，加双蒸水7 mL调节pH至9.4］孵育45 min，1%氯

化钙作用洗 3 min（3 次），2%氯化钴作用 3 min，蒸馏水冲洗干净和 1%硫化铵 1 min 呈色，最后经冲洗、脱水、透明后，树胶封固。

1.4 脏器指数的测定

黄鼠经称重和麻醉后，分别摘取其胸腺、肝脏、脾脏并称重。根据 Li et al（2000）脏器指数的计算方法：脏器指数 = 脏器重量（g）/体重（g）×10，计算达乌尔黄鼠的胸腺、肝脏和脾脏指数。

1.5 数据与统计分析

切片在 Olympus 显微照相系统（BH-2）下观察并照相记录，根据 mATPase 染色强度确认Ⅰ型和Ⅱ型肌纤维并计数，计算出各类纤维的构成比。

采用 SPSS12.0 软件中的单因素方差分析法（ANOVA）进行统计分析。实验所得的百分比数据先进行反正弦变换，然后用 Kolmogorov-Smirnov 和 Levene 分别检验数据正态性和方差齐性。经检验全部数据符合参数分析的条件。实验数据以均数 ± 标准差表示。以 $P<0.05$ 作为差异显著性的界值。

2 结 果

2.1 幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠比目鱼肌的 mATPase 活性

从 mATPase 染色结果可以看出，亚成年组和成年组比目鱼肌的 mATPase 活性均低于幼龄组，成年组低于亚成年组（图 1—3）。

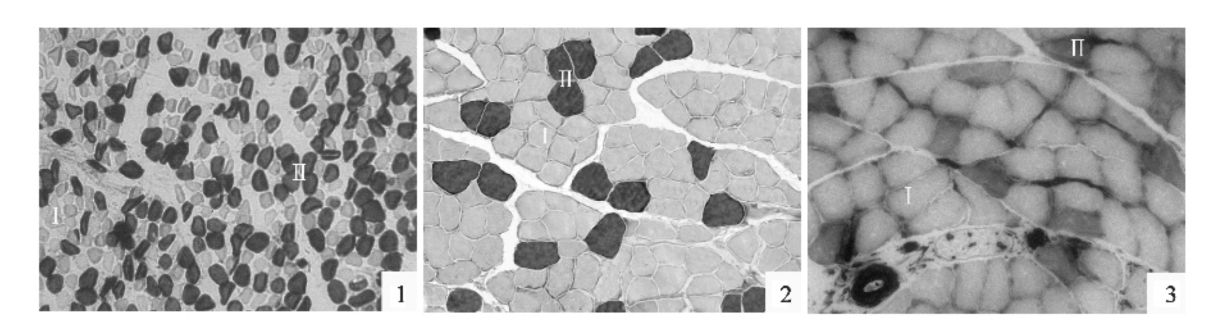


图 1—3 幼龄（1）、亚成年（2）、成年（3）达乌尔黄鼠比目鱼肌肌球蛋白腺苷三磷酸酶（mATPase）活性显示图（×200）

Figs. 1－3 Activities of mATPase of soleus muscle fibres in *Spermophilus dauricus* of the（1）young group,（2）sub-adult group,（3）adult group（×200）

Ⅰ：Ⅰ型肌纤维；Ⅱ：Ⅱ型肌纤维；mATPase 染色（pH 9.4）：Ⅰ型肌纤维呈阴性，Ⅱ型肌纤维则呈阳性或强阳性。

Ⅰ: TypeⅠ fibres; Ⅱ: TypeⅡ fibres; mATPase stain at pH 9.4: TypeⅠ fibres show negative, while TypeⅡ fibres show medium or high activity.

2.2 幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维的比例

mATPase 染色结果显示，随年龄增长，达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ型、Ⅱ型肌纤维比例有极显著变化（ANOVA：$F_{2,15}=64.213$，$P<0.01$），其中亚成年和成年组Ⅱ型肌纤维比例极显著低于幼龄组（LSD：$P<0.01$）。成年组与亚成年组相比，Ⅱ型肌纤维比例亦有明显降低的趋势（LSD：$P=0.059$）（表 1 及图 1—4）。

2.3 幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠脏器指数的差异

实验结果显示，胸腺指数在不同年龄阶段有极显著差异（ANOVA：$F_{2,15}=84.032$，$P<0.01$），其中幼龄组极显著地高于亚成年组和成年组（LSD：$P<0.01$），而亚成年组低于成年组（$P>0.05$）；脾脏指数在不同年龄阶段亦有显著变化（ANOVA：$F_{2,15}=60.658$，$P<0.05$），其中幼龄组显著高于亚成年组（LSD：$P<0.05$），而成年组低于幼龄组，亚成年组低于成年组（$P>0.05$）；肝脏指数随年龄增长有极显著差异（ANOVA：$F_{2,15}=70.059$，$P<0.01$），其中亚成年组和成年组均极显著地高于幼龄组（LSD：$P<0.01$），而成年组显著高于亚成年组（$P<0.05$）。

3 讨 论

3.1 幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维比例的变化

本研究首次对幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维的比例进行了比较研究。结果发现，幼龄组达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅱ型

表 1　幼龄、亚成年、成年达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维的比例

Tab. 1　Proportion of Type Ⅰ and Ⅱ fibres in *Spermophilus dauricus* soleus muscle

组别 Group	样本数 Sample size	Ⅰ型肌纤维 TypeⅠ（%）（mean ± *SD*）	Ⅱ型肌纤维 TypeⅡ（%）（mean ± *SD*）	差异 Difference（*F*，*P*）
幼龄 Young	6	51.81 ± 3.06	48.19 ± 3.06	$F_{2,15}$ = 64.213
亚成体 Sub-adult	6	79.55 ± 2.68**	20.45 ± 2.68**	*P* < 0.01
成年 Adult	6	84.43 ± 6.06**	15.57 ± 6.06**	（ANOVA-LSD）

** 与幼龄组比较（Compared with young group）。

表 2　幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠的脏器指数（mean ± *SD*，*n* = 6）

Tab. 2　The viscera indices（mean ± *SD*，*n* = 6）of young，sub-adult and adult *Spermophilus dauricus*

组别 Group	胸腺指数 Thymus index	肝脏指数 Hepatic index	脾脏指数 Splenic index
幼龄 Young	0.0311 ± 0.0121	0.2484 ± 0.0048	0.0128 ± 0.0019
亚成体 Sub-adult	0.0102 ± 0.0028**	0.3233 ± 0.0132**	0.0083 ± 0.0031*
成年 Adult	0.0127 ± 0.0043▲▲	0.4405 ± 0.0035▲▲,#	0.0100 ± 0.0015
差异 Difference（*F*，*P*）	$F_{2,15}$ = 84.032	$F_{2,15}$ = 70.059	$F_{2,15}$ = 60.658
	P < 0.01	*P* < 0.01	*P* < 0.05

*,▲,# *P* < 0.05；**,▲▲,## *P* < 0.01（ANOVA- LSD）。
* 亚成年与幼龄比较（Comparison of the sub-adult and the young）；▲成年与幼龄比较（Comparison of adult and young）；
成年与亚成年比较（Comparison of the adult and the sub-adult）。

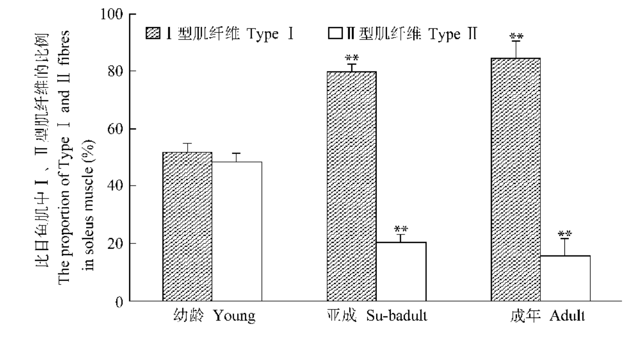


图 4　幼龄、亚成年、成年达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维的比例

Fig. 4　The proportion of Type Ⅰ and Ⅱ fibres in *Spermophilus dauricus* soleus muscle

***P* < 0.01（ANOVA- LSD，与幼龄组比较）（ANOVA- LSD，Compared with young group）。

肌纤维比例显著高于亚成年组和成年组，而亚成年组的Ⅱ型肌纤维比例高于成年组的。也就是说，达乌尔黄鼠在发育过程中，比目鱼肌的Ⅱ型肌纤维比例呈逐渐降低态势，且这种变化主要发生在幼年至亚成年的发育阶段。

比目鱼肌是以Ⅰ型肌纤维为主的慢肌，从事有氧耐力型活动的能力相对较强。当肌肉收缩时，总是首先参与运动单位的募集。而无氧酵解速度型活动主要由浅层的、以Ⅱ型肌纤维为主的腓肠肌所承担。从本次实验结果来看，幼龄组达乌尔黄鼠比目鱼肌中Ⅰ型肌纤维比例显著低于亚成年组和成年组，Ⅱ型肌纤维比例显著高于亚成年、成年组。据此可以推论，与幼龄黄鼠相比，成年黄鼠从事速度型活动的能力相对降低，而从事耐力型活动的能力相对升高。

Zhu et al（2004）在对大白鼠和家兔生后发育各阶段比目鱼肌纤维的比较研究中发现，Ⅰ型肌纤维比例随生长发育显著增加；本实验室（He et al，2005）曾报道幼龄大白鼠和小白鼠比目鱼肌中Ⅱ型肌纤维比例均显著高于成年大、小白鼠。本次实验结果与上述报道完全吻合，由此可以推论，冬眠动物在生长发育过程中比目鱼肌肌纤维类型的变化趋势与非冬眠动物一致，即在发育过程中Ⅰ型肌纤维比例逐渐升高，Ⅱ型肌纤维比例逐渐降低。

以往关于肌纤维类型的研究认为，骨骼肌纤维类型转变的机制可能有多种，如 mATPase 活性的下降（Alnaqeeb & Goldspink，1987；Fujimoto et al，1994）、神经元类型的变化（即由阈值高的位相型运动神经元转变为阈值低的紧张型运动神经元）、甲状腺激素水平的改变（Kraus & Pette，1997；Martin et al，2000）、Ⅱ型肌纤维萎缩或退化的速度高于Ⅰ型肌纤维（Deng et al，1999）以及外界刺激（Jarvis et al，1996）等。本实验结果表明，达乌尔黄鼠在幼龄至亚成年、成年的发育过程中，比目鱼肌的 mATPase 活性在逐渐降低，这与 He et al 对大、小白鼠的研究结果一致。据此推测，mATPase 活性降低可能是达乌尔黄鼠生长发育过程中Ⅱ型肌

纤维比例降低的重要原因。但关于 mATPase 活性下降与肌纤维类型转变的因果关系尚不能确定。我们认为，发育过程中Ⅰ、Ⅱ型肌纤维比例的变化可能是 mATPase 活性下降的结果，也可能是部分Ⅱ型肌纤维转变为Ⅰ型肌纤维的结果。当然，发育过程中Ⅱ型肌纤维比例的降低还可能与其他多种因素有关。因此，确切的机制尚待进一步研究。

3.2 幼龄、亚成年和成年达乌尔黄鼠脏器指数的变化

本实验结果显示，幼龄组达乌尔黄鼠的胸腺指数显著高于亚成年组和成年组，脾脏指数亦高于亚成年组和成年组，这与本实验室关于大鼠、小鼠的相关研究结果一致（He et al，2005）。而亚成年组的胸腺指数、脾脏指数与成年组相比，无统计学差异。达乌尔黄鼠的肝脏指数，从幼龄到亚成年、成年，呈明显上升趋势。这与 Wu et al 对大足鼠的研究结果一致（Wu et al，1999）。肝脏是重要的贮能器官和产热器官，其相对重量的差异表明动物贮能和产热能力的不同。本实验结果提示达乌尔黄鼠在生后发育过程中，其贮能和产热能力不断提升，呈明显上升趋势，这一点与大足鼠相似。

另外，由于受实验动物数量的限制，本实验未对达乌尔黄鼠进行雌雄分组。因此，有关不同性别达乌尔黄鼠在其生长发育过程中肌纤维比例以及脏器指数的变化有待下一步的研究。

参考文献：

Alnaqeeb MA，Goldspink G. 1987. Changes in fibre type，number and diameter in developing and ageing skeletal muscle［J］. *J Anat*，**153**：31 – 45.

Deng SX，Hong TT，Cao ZF. 1999. Athletic Physiology［M］. Beijing：Higher Education Press，53 – 75. ［邓树勋，洪泰田，曹志发. 1999. 运动生理学. 北京：高等教育出版社，53 – 75.］

Du ZM. 1998. Technique of Practical Histology［M］. Beijing：People's Medical Publishing House，132 – 134.［杜卓民. 1998. 实用组织学技术. 北京：人民卫生出版社，132 – 134.］

Fujimoto S，Watanabe J，Ogawa R，Kanamura S. 1994. Age-related changes in fibre number，fibre size，fibre type composition and adenosine triphosphatase activity in rat soleus muscle［J］. *Anat Anz*，**176**（5）：429 – 435.

Havenith MG，Visser R，Schrijvers-van SJ. 1990. Muscle fiber typing in routinely processed skeletal muscle with monoclonal antibodies［J］. *Histochemistry*，**93**（5）：497 – 499.

He ZX，Gao YF，Hu LL. 2005. Comparisons on the proportion of type Ⅰ and Ⅱ fibers in soleus muscle and the visceral indexes in rats and mice［J］. *Zool Res*，**26**（3）：322 – 327.［何志仙，高云芳，胡琳琳. 2005. 幼成年大鼠和小白鼠比目鱼肌中Ⅰ和Ⅱ型肌纤维的比例与脏器指数的比较. 动物学研究，**26**（3）：322 – 327.］

Hu YJ，Li H，Liu HY，Yang XP. 1997. The comparison on main organ's weight and length in three different varieties of mice［J］. *Chinese Journal of Laboratory Animal Science*，**7**（2）：100 – 101.［胡一江，李 辉，刘海燕，杨锡平. 1997. 三种不同品种小白鼠主要器官重量及长度的比较. 中国实验动物学杂志，**7**（2）：100 – 101.］

Jarvis JC，Mokrusch T，Kwende MM，Sutherland H，Salmons S. 1996. Fast-to-slow transformation in stimulated rat muscle［J］. *Muscle Nerve*，**19**（11）：1469 – 1475.

Konarzewski M，Diamond JM. 1995. Evolution of basal metabolic rates and organ masses in laboratory mice［J］. *Evolution*，**49**：1239 – 1248.

Kraus B，Pette D. 1997. Quantification of MyoD，myogenin，MRF4 and Id-1 by reverse-transcriptase polymerase chain reaction in rat muscles：Effects of hypothyroidism and chronic low-frequency stimulation［J］. *Eur J Biochem*，**247**：98 – 106.

Li R，Tong XY，Pan HZ，Zhang SM，Zhao X，He W. 2000. The effect of dietary nucleic acid on immune function in mice at different ages［J］. *Acta Nutrimenta Sinica*，**22**（1）：36 – 39.［李 蓉，佟晓永，潘宏志，张素梅，赵鑫，何 维. 2000. 饮食核酸对不同龄小白鼠免疫功能的影响. 营养学报，**22**（1）：36 – 39.］

Liu JK，Wang TZ，Li JG，Shao MM，Zou B，Wang TL. 1993. Studies on the population age structure of ground squirrel［J］. *Acta Theriologica Sinica*，**13**（4）：277 – 282.［刘加坤，王廷正，李金钢，邵孟明，邹 波，王庭林. 2004. 达乌尔黄鼠种群年龄结构的研究. 兽类学报，**13**（4）：277 – 282.］

Martin W，Berchtold，Heinrich B，Markus M. 2000. Calcium ion in skeletal muscle：Its crucial role for muscle function，plasticity，and disease［J］. *Physiol Rev*，**80**（3）：1215 – 1265.

Nemeth P，Hofer HW，Pette D. 1979. Metabolic heterogeneity of muscle fibers classified by myosin ATPase［J］. *Histochemistry*，**63**（2）：191 – 201.

Pucck Z. 1965. Seasonal and age changes in the weight of internal organs of shrews［J］. *Acta Theriol*，**10**：369 – 438.

Rourke BC，Yokoyama Y，Milsom WK. 2004. Myosin isoform expression and MAFbx mRNA levels in hibernating golden-mantled ground squirrels（*Spermophilus lateralis*）［J］. *Physiological and Biochemical Zoology*，**77**（4）：582 – 593.

Vikhlyantsev IM，Malyshev SL，Shenkman BS. 2004. The behavior of titin and the proteins of its family from skeletal muscles of ground squirrel（*Citellus undulatus*）during hibernation and rats under conditions of simulated microgravity［J］. *Biofizika*，**49**（6）：995 – 1002.

Wang JS，Wang XS，Liu JS，Xu D，Yang ZM，Zhang JM，Tao ZZ. 1994. Age assessment of spermorphilus dauricus and analysis of the population age［J］. *Journal of Qiqihar Teachers' College*（*Natural Science*），**14**（4）：30 – 47.［王俊森，王秀锁，柳劲松，徐 德，杨正明，张金铭，陶忠珍. 1994. 达乌尔黄鼠的年龄鉴定与种群年龄分析. 齐齐哈尔师范学院学报（自然科学版），**14**（4）：30 – 47.］

Wickler SJ，Hoyt DF，Breukelen FV. 1991. Disuse atrophy in the hibernating golden-mantled ground squirrel，*Spermophilus lateralis*［J］. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*，**261**：R1214 – R1217.

Wu HS，Yang GR，Tao KH，Xiong MT. 1999. Study on liver weight and body weight of three redentia［J］. *Chin J Vector Bio & Control*，**10**（4）：254 – 256.［吴鹤松，杨光荣，陶开会，熊孟韬. 1999. 3种鼠类的肝重与体重关系研究. 中国媒介生物学及控制杂志，**10**（4）：254 – 256.］

Zhu DL，Wang KL，Chen PL. 2004. Comparison of soleus muscle fibres in rats and rabbits at different stages of postnatal development［J］. *Zool Res*，**25**（6）：543 – 550. ［朱道立，王康乐，陈佩林. 2004. 大鼠和家兔生后发育各阶段比目鱼肌纤维的比较. 动物学研究，**25**（6）：543 – 550.］